

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ACTUALES Y  
FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA  
FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**PRESENTA:**

**ING. ROLANDO OROZCO CONTRERAS**

**LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**JUNIO DE 2005**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ACTUALES Y  
FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA  
FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO





TESIS DE MAESTRÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

ING. ROLANDO OROZCO CONTRERAS

COMITÉ DE TESIS

  
Dr. José de Jesús Navar Chaidez  
**Presidente**  
Dra. Maria de los Angeles Rechy de  
Von Roth  
**Secretario**  
Dr. Ricardo López Aguillón  
**Vocal**  
Dr. José Ciro Hernández Díaz  
**Asesor externo**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

JUNIO DE 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ACTUALES Y  
FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA  
FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES**

**PRESENTA**

**ING. ROLANDO OROZCO CONTRERAS**

**COMITÉ DE TESIS**

<div>Dr. José de Jesús Nívar Chaidez</div> <div><b>Presidente</b></div>	<div>Dra. Maria de los Ángeles Rechy de Von Roth</div> <div><b>Secretario</b></div>
<div>Dr. Ricardo López Aguillón</div> <div><b>Vocal</b></div>	<div>Dr. José Ciro Hernández Díaz</div> <div><b>Asesor externo</b></div>
<b>LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO</b>	<b>JUNIO DE 2005</b>

## DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir y permitirme demostrarme que las metas solo son alcanzables con amor y pasión por lo que se lucha y hace.

### A MIS DOS MADRES

Herminia y Eliza por darme siempre lo mejor de ellas, por su esfuerzo incansable para abrirme camino en la vida, por los buenos consejos y sobre todo por darme la confianza y enseñarme que la humildad y la fortaleza es la llave de la felicidad del hombre.

### A MI ESPOSA

Rosa María "Gracias por éstos 20 años de felicidad, y por nuestros tres hijos que estamos forjando, te amo". Este logro es también tuyo, tu apoyo, paciencia y amor fueron decisivos para lograrlo.

### A MIS HIJOS

Elizabeth, Rolando y Diego; que este logro les enseñe que cuando nos proponemos una meta solo se logra con disciplina y responsabilidad, pero sobre todo contando con el amor de una familia. Espero algún día darles mayores satisfacciones. Recuerden que los amo siempre.

### A MIS HERMANOS

José Santiago, Olga y Mario Alberto, por la unión de familia que siempre hemos llevado, por el apoyo moral que siempre me han brindado en las etapas más difíciles de mi vida, por compartir con ustedes inolvidables momentos. Hago extensivo a mi gran amigo y hermano de siempre Rodolfo Arellano.

### A MIS COMPADRES

Opt. José soto, Ing. Héctor Salas, Ing. Flaviano Ortega, M.C. José A. Reyes, Ing. Gerardo Valenciano, Luis Amador, sus esposas Hilda, Patricia, Angélica, Hilda, Elsa y Araceli respectivamente por sus comentarios siempre de aliento y por su apoyo en esta etapa de mi vida. Por su amistad de años gracias.

### A LAS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN Y LABORATORIO

Humberto, José Aniceto, Rodrigo, Maria de Jesús, Julio Cesar, Maria Rafaela, Raúl, Enrique. Por compartir grandes momentos y experiencias así como por haber creado una amistad que estoy seguro será para el futuro.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme el apoyo económico a través de una beca crédito para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias Forestales, así como el apoyo parcial del proyecto Diagnostico, Atlas Cibernético y Plan de Manejo de las Cuencas Forestales. Clave No. CONACYT-CONAFOR con clave 2002-C01-6231.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León por aceptarme en su programa de maestría y las facilidades otorgadas para culminar con el presente estudio.

Al Dr. José de Jesús Návar Cháidez. Director del trabajo de tesis, por amistad de tantos años, el haberme convencido de luchar por lograr ésta etapa profesional, depositarme su confianza, darme su dirección, por sus valiosos consejos y observaciones.

A la Dra. Dra. Maria de los Ángeles Rechy de Von Roth, por su valiosa participación en el presente trabajo de tesis, por el apoyo que hasta la fecha siempre me ha brindado.

Al Dr. Dr. Ricardo López Aguillón por aceptar formar parte del comité de tesis, y su contribución en la revisión del escrito.

Al Dr. José Ciro Hernández Díaz por admitir ser asesor externo del comité y. por sus atinados comentarios y excelentes sugerencias al termino del estudio.

Al Dr. Pedro Antonio Domínguez Calleros por estimularme a tomar la decisión de reanudar lo que era uno de mis grandes anhelos, alcanzar el postrado y por su apoyo y comentarios en este proceso de la vida.

A los M.C. José Dueñez Alanis y M.C. Eduardo de los Ríos por sus comentarios y apoyo incondicional, con quien compartí respeto y la constancia en el trabajo cimientto de la superación, gracias por compartir su amistad.

A los catedráticos de la Facultad de Ciencias Forestales que me permitieron compartir sus conocimientos en el aprendizaje significativo de su experiencia profesional, estoy convencido han enriquecido aún más mis conceptos de un manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	vii
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS ACTUALES Y FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.3. HIPÓTESIS.....	5
1.4. LITERATURA CITADA.....	6
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>DERIVACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES DE ÁRBOLES EXTRAIDOS EN DURANGO: LAS BASES DE LA PLANEACIÓN DE LA INDUSTRIA FORESTAL.....</b>	<b>7</b>
2.1. RESUMEN.....	7
2.2. ABSTRACT.....	7
2.3. INTRODUCCIÓN.....	8
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.4.1. Métodos.....	12
2.5. RESULTADO Y DISCUSIONES.....	13
2.6. CONCLUSIONES.....	20
2.7. LITERATURA CITADA.....	20

<b>CAPITULO III.....</b>	<b>23</b>
<b>PROYECCIONES DIAMÉTRICAS DE BOSQUES TEMPLADOS DE DURANGO, MÉXICO.....</b>	<b>23</b>
3.1. RESUMEN.....	23
3.2. ABSTRACT.....	24
3.3. INTRODUCCIÓN.....	25
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.4.1. Descripción del área de estudio.....	26
3.4.2. Metodología.....	27
3.5. RESULTADO Y DISCUSIONES.....	33
3.6. CONCLUSIONES.....	37
3.7 LITERATURA CITADA.....	37
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>39</b>
<b>IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS EN LAS CARACTERISTICAS ACTUALES Y FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO.....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Pagina
	<b>Capítulo II</b>	
<b>1</b>	Ubicación del área de estudio en Durango, México	<b>10</b>
<b>2</b>	Categorías diamétricas observadas y estimadas con la distribución Weibull para la región forestal de Santiago Papasquiaro, Durango	<b>14</b>
<b>3</b>	Categorías diamétricas observadas y estimadas con la distribución Weibull para la región forestal de Pueblo Nuevo, Durango	<b>15</b>
<b>4</b>	Distribución de Productos de Aserrio y Triplay en relación de los Diámetros aprovechados. Región Santiago Papasquiaro, Durango	<b>17</b>
<b>5</b>	Distribución de Productos de Aserrio y Triplay en relación de los Diámetros aprovechados. Región Pueblo Nuevo, Durango	<b>18</b>
	<b>Capítulo III</b>	
<b>1</b>	Ubicación del área de estudio en la Región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México	<b>27</b>
<b>2</b>	Las distribuciones probabilísticas diamétricas modeladas por la función Weibull para datos provenientes del inventario y de las relaciones de marcaeo	<b>29</b>
<b>3</b>	El crecimiento en diámetro para <i>P. durangensis</i> proveniente de análisis troncales de un conjunto de árboles del centro de Durango, México	<b>30</b>
<b>4</b>	El incremento en diámetro en función del diámetro observado para <i>P. durangensis</i> de la región centro de Durango, México	<b>31</b>
<b>5</b>	La remoción de árboles por hectárea en función de la intensidad de corta proporcionalmente a la las existencias reales totales por hectárea	<b>33</b>
<b>6</b>	El tiempo necesario para alcanzar las existencias reales por hectárea una vez aplicada la intensidad de corta correspondiente	<b>34</b>
<b>7</b>	Las estructuras diamétricas resultantes después de alcanzar las ERT <sub>h</sub> cuando se cortan árboles con las relaciones de marcaeo	<b>36</b>



## LISTA DE TABLAS

Tablas		Pagina
	<b>Capitulo II</b>	
<b>1</b>	Distribución de productos forestales (aserrio y triplay) derivados del modelo de Clutter (1980) con parámetros estimados para <i>P. cooperii</i> (Návar <i>et al.</i> , 1997) del estado de Durango	<b>16</b>

## **CAPITULO I**

### **ANALISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS ACTUALES Y FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO**

#### **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

##### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Diversos proyectos de contratación, financiamiento y de compra-venta de trocería destinada para la elaboración productos forestales de aserrio y triplay resultantes de los aprovechamientos autorizados se han realizado por parte de los poseedores del recurso bosque y por los Industriales Forestales en el País, y en especial en Estado de Durango. La finalidad es solucionar el problema del abastecimiento en calidad, oportunidad y cantidad; que permita alcanzar la capacidad instalada en la industria forestal. Sin embargo en la actualidad se siguen presentando complicaciones para solucionarlo. Pueden ser diferentes factores que influyen, los más importantes tienen que ver con la tenencia de la tierra, costos de abastecimiento y ubicación de las áreas de aprovechamiento forestal y por el otro lado la ubicación, condiciones actuales de la maquinaria y equipo así como el régimen de propiedad de la industria forestal. Otro factor importante es la creciente demanda de productos forestales derivados del crecimiento demográfico y económico de la sociedad.

Las estructuras de los árboles aprovechados esta en función del crecimiento, reclutamiento, mortalidad y aprovechamiento forestales. En este estudio se trata de entender como las características de la industria pueden cambiar si las estructuras de los bosques y de los árboles aprovechados cambian. Para esto se requiere de proyecciones confiables que indiquen los momentos y lugares en los cuales existe la necesidad de modificar las variables para mantener bosques saludables, industria forestal robusta y economías

locales y regionales crecientes. Las proyecciones derivadas de esta investigación darán información clave para el manejo adecuado de la industria forestal de Durango.

Los bosques comerciales se encuentran en un estado de transición importante por causas como la deforestación, el cambio climático y la degradación. Dentro de los factores de degradación se pueden caracterizar: a) la sobre extracción de productos forestales, b) sobrepastoreo, c) incendios, d) plagas y enfermedades, e) degradación genética, entre otros (FAO, 2000).

Nuestro país cuenta con aproximadamente 64 Millones ha de bosque de clima templado y selvas que abarcan el 32% del territorio nacional. La remoción anual de madera es del orden de los 56 millones de  $\text{m}^3$  por año incluyendo madera de uso rural e industrial. La contribución directa del sector forestal es en promedio 5,000 millones de dólares por año (0.81% del PIB nacional) y en lo social genera alrededor de 100,000 empleos permanentes cuyos sueldos son entre 3-4 veces superiores a los sueldos derivados de actividades agropecuarias. Es importante destacar que aún contamos con recursos que son de gran importancia para el país desde el punto de vista social, económico y ambiental (FAO - SEMARNAT, 2004).

Los factores de disturbio están modificando las existencias reales, las dimensiones de los árboles remanentes y las estructuras que caracterizan la diversidad. El INEGI reporta en el 2001 para el Estado de Durango la existencia de aproximadamente 2 M ha con existencias menores que  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Sin embargo, las existencias de los bosques comerciales, los cuales cubren una superficie aproximada de 2 M ha, también muestran datos aproximados de  $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Návar, 2004).

Las proyecciones mundiales, de las cuales México no escapa a este patrón, destacan la creciente demanda de productos forestales derivados de la

trocería extraída de los bosques naturales. Esto traerá consigo una mayor presión sobre los ecosistemas forestales incrementando la tasa de cambio en las existencias y dimensiones del arbolado, sin hacer mención a otros productos de origen agropecuario que demandan mayores superficies a costa del bosque. En consecuencia se tenderá a modificar la estructura, diversidad de la industria instalada en el Estado de Durango.

La producción de madera industrial en rollo en México disminuyó de 8.9 millones de m<sup>3</sup> en 1989 a 6.3 millones en 1995 (reducción del 29%). A partir de 1996 la producción ha crecido hasta lograr un nivel cercano al de 1989. El número de aserraderos instalados en México se estima en 1,250. La mayoría son aserraderos pequeños con una producción diaria promedio menor a 20,000 pt (94 m<sup>3</sup>r) y un coeficiente de aserrío promedio inferior al 60. Se estima que el número de aserraderos se ha reducido en aproximadamente 11% desde 1991. Existe además una marcada insuficiencia de estufas para el secado de madera, un alto porcentaje de la madera aserrada se vende normalmente en verde o secada al aire.

La industria de fabricación de muebles es una de las principales usuarias de productos de madera. Se estima que hay aproximadamente 1,139 fabricantes de muebles formalmente establecidos, que emplearon en 1993 alrededor de 115,000 personas. El 86% de las empresas son pequeñas, el 12% son de tamaño mediano y sólo el 2% son grandes. Se estima que México enfrenta un déficit anual de postes, pilotes y morillos de aproximadamente 600,000 unidades, con un rezago acumulado de 8 a 10 millones de unidades.

El manejo intensivo en bosques templados presupone el uso de la regeneración artificial en lugar de la natural, prácticas silvícolas que mejoren el rendimiento del bosque y las características de los productos obtenidos, elevar el rendimiento promedio de la superficie actualmente bajo manejo de un

estimado de 1.2 m<sup>3</sup>/ha/año, a 1.8 m<sup>3</sup>/ha/año y las existencias de aproximadamente 70 m<sup>3</sup>/ha a 100 m<sup>3</sup>/ha (FAO - SEMARNAT, 2004).

En 2000, la relación producción-consumo indica que la producción forestal maderable, con 9.4 millones de m<sup>3</sup>r, satisfizo el 58% del consumo aparente nacional ascendió a 16.3 millones de m<sup>3</sup>r como consecuencia del crecimiento mostrado por la industria de la construcción en México (SEMARNAT, 2000).

La industria forestal de maderables de pino y encino instalada en el Estado de Durango se caracteriza por tener una diversidad de productos elaborados. Destacan los aserraderos (193), fábricas de chapas y triplay (11), industrias de impregnación (4), cuya materia prima son los árboles de grandes dimensiones. También destacan las fábricas de cajas de empaque (230), fábricas de celulosa (2), y fábricas de tableros de aglomerados (2), cuya materia prima se caracteriza por utilizar trocería de cortas dimensiones (AIFDAC, 2004).

La industrialización de productos forestales maderables en el estado de Durango viene afrontando en los últimos años varios problemas graves para ejercer su capacidad instalada de producción destacando: (a) inadecuada localización con respecto a la materia prima, (b) sistemas obsoletos de transformación de productos, (c) desconocimientos de propiedades físicas y mecánicas de las especies forestales, (d) imperfecciones de mercado tanto de insumos como de producto (FAO - SEMARNAT, 2004).

## **1.2 OBJETIVOS**

A) Obtener información continua de las existencias reales y características Dasométricas de los árboles para Ejidos Forestales típicos del Estado de Durango.

B) Obtener información de las dimensiones de la trocería extraída por predio y por anualidad.

C) Determinar las características estructurales con modelos probabilísticos de la trocería aprovechada.

D) Definir la distribución de productos forestales derivados del aprovechamiento forestal.

E) Proyectar hasta el año 2025 las existencias reales y las características Dasométricas del bosque remanente de los Ejidos Forestales particulares del Estado de Durango.

F) Proyectar las características futuras de la Industria Forestal instalada en el Estado de Durango.

## **1.3 HIPÓTESIS**

La trocería derribada de la extracción legal es y será suficiente para abastecer la Industria actualmente instalada en el Estado de Durango.

#### **1.4 LITERATURA CITADA**

FAO. 2000. Evaluación de los recursos forestales 2000 – Informe Principal. Estudio FAO Montes. No. 140. Roma

AIFDAC 2004. Durango, sus Bosques y su Industria en cifras. Durango México. 16p.

SEMARNAT. 2001. Plan estratégico Forestal para México (2025, 2001). México, D.F.

FAO-SEMARNAT. 2004 Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional México. FAO Montes. 2004. 1-15pp

## CAPITULO 2

### DERIVACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES DE ÁRBOLES EXTRAIDOS EN DURANGO: LAS BASES DE LA PLANEACIÓN DE LA INDUSTRIA FORESTAL

#### 2.1 RESUMEN

Los productos forestales derivados de los aprovechamientos forestales son fundamentales en la economía de algunas regiones del mundo. En este reporte se presentan las estructuras de los árboles aprovechados y de la distribución de productos forestales derivados de la extracción para dos regiones productivas importantes del Estado de Durango. Se colectaron datos de relaciones de marcaje por predio y por anualidad de seis ejidos. Se ajustó la distribución Weibull a las estructuras diamétricas y se definieron los productos forestales derivados de las estructuras diamétricas aprovechadas con el uso de un modelo de ahusamiento. De la información analizada se deriva que la industria del aserrío en el estado no se ve fuertemente afectado por las estructuras diamétricas aprovechadas porque la probabilidad de encontrar árboles con diámetro (DAP)  $\geq$  de 30 cm es del 95% y de estos se aprovecha sobre el 80% de la troza para aserrío. Sin embargo, cuando el destino de la trocería es el triplay, solo por debajo del 8% de la trocería se puede destinar a este producto.

**Palabras Clave:** Estructuras Diamétricas, Industria de Aserrio, Industria de Triplay, Distribución Weibull Ausamiento de Clutter.

#### 2.2 ABSTRACT

The derivation of forest products from timber harvesting is of fundamental importance in the plannification of the forest economy of several regions of the world. This report presents the diameter structures of trees harvested and the



distribution of forest products derived from these trees for six ejidos of the State of Durango. Data comprising a list of harvested trees was collected for each ejido and for each year. The Weibull distribution was fitted and the distribution of forest products was derived from the diameter structures harvested. To approach this objective the taper function was employed. The structures of harvested trees meet well the sawn-wood products industry since the probability of finding trees with diameter (Dbh)  $\geq$  of 30 cm is 95% and of these trees it is used over 80% of the stem for sawn wood products of long dimensions. However, when the fate of harvested trees is plywood, there is a probability of less than 8% of finding harvested trees with diameters used to produce plywood.

**Key words:** Key words Structure Diamétricas, Industry of Aserrio, Industry of plywood, Distribution Weibull amusement of Clutter.

## 2.3 INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos proveen en la actualidad cerca del 90% de la trocería que se utiliza globalmente. Los productos forestales derivados de la extracción de trocería contribuyen directamente con los objetivos de la sustentabilidad como son reducir la pobreza, crear fuente de empleos e ingresos, producir bienes de consumo, y restaurar ecosistemas forestales decadentes y degradados. En particular, el sector de la industria forestal representa alrededor del 3% del comercio mundial y el 1% de las inversiones mundiales de capital directo. Además, aproximadamente 12.9 millones de personas trabajan en este sector (Kaimowitz, 2005). En México la extracción de madera es del orden de los 56 millones de m<sup>3</sup> por año incluyendo madera rural e industrial, del cual el 86% de la madera aserrada es consumida por la industria del mueble (FAO, 2004). La contribución directa del sector forestal a la economía es de 5,000 millones de dólares por año (0.81% del PIB nacional – año base 2000) y genera alrededor de 100,000 empleos permanentes cuyo sueldo es entre 3-4 veces superior al sueldo derivado de actividades

agropecuarias. En el Estado de Durango, México se produce el 20 al 25% de la trocería del país directamente de los bosques nativos. En esta entidad, el subsector forestal genera en promedio 60 mil empleos directos e indirectos (8.37% del PIB del estado) (SEMARNAP, 2000).

El promedio anual de los volúmenes aprovechados durante el periodo comprendido de 1971 a 1980 y 1981 a 1991 fueron del orden de 1,211.6 y 2,365.7 miles de  $m^3$  respectivamente, reflejando que en el segundo periodo el volumen aprovechado fue en promedio el doble que en el primero (Hernández *et al.*, 1992a). Mientras que la producción forestal promedio en el periodo de 1991 al 2000 fue del orden de los 2  $Mm^3$  (AIFDAC, 2004).

En el Estado de Durango la superficie bajo manejo es de 1.8 Mha, con 435 autorizaciones vigentes para el aprovechamiento forestal con un volumen autorizado de 2.8  $Mm^3$  rta, el 72% del volumen corresponde a pino, 26% a encino, 1% a otras coníferas y 1% a otras hojosas. Los volúmenes se concentran en dos regiones; Santiago Papasquiaro y El Salto, Pueblo Nuevo (SEMARNAP 2000).

En el estado existen 704 empresas forestales, de las cuáles 250 son aserraderos y 356 fabricas de tarimas y cajas; detectándose solo 458 empresas registradas que operan en realidad, con una capacidad industrial instalada de 3.5  $Mm^3$  rta (SEMARNAT, 2000). La AIFDAC 2004 reporta para el mismo año un total de 442 empresas con 4.39  $Mm^3$  rta y 3.2  $Mm^3$  rta de capacidad instalada y utilizada respectivamente. Tomando como referencia que el volumen aprovechado promedio es de 2  $Mm^3$  rta, el volumen en miles de metros cúbicos que absorbe las diferentes industrias más importantes en el Estado de Durango son la Industria del Aserrio (escuadría), Celulosa, Postes (incluye pilotes y murillos), Durmientes, Chapas y Triplay y Carbón con 1,764, 434, 18, 25, 70 y 61 respectivamente.

Los productos derivados de la trocería pueden cambiar por diferentes razones; dentro de las cuales destacan a) las estructuras de los árboles aprovechados, b) las necesidades de la industria establecida y c) las condiciones del mercado, entre otros. Estudios preliminares realizados por Hernández *et al.* (1992b) indican la necesidad de adecuar la industria a arbolado de menores dimensiones. Sin embargo, mediciones y proyecciones se requieren como la base de la planeación de la industria y los productos forestales derivados de la cosecha. Este reporte enfatiza en un primer estudio el modelamiento de las estructuras diamétricas con funciones probabilísticas y la derivación de los productos forestales con el uso de funciones de ahusamiento.

### **2.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se desarrolló en tres ejidos representativos de la región forestal de Santiago Papasquiaro y tres ejidos de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, ubicados en la Sierra Madre Occidental en el Estado de Durango, México (Figura 1).

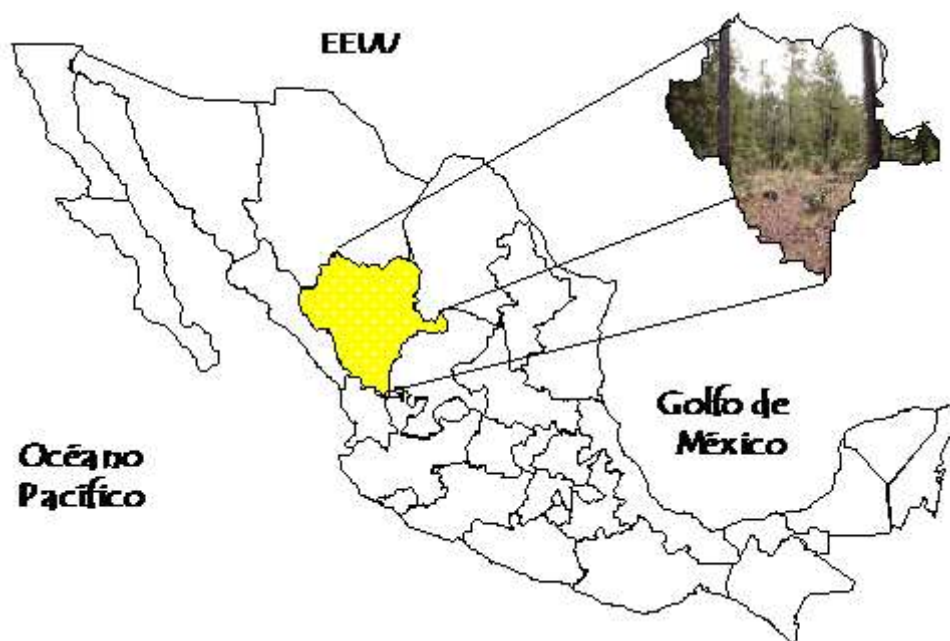


Figura 1. Ubicación del área de estudio en Durango, México.

Los ejidos forestales seleccionados para desarrollar esta investigación fueron tres predios representativos de la región de Santiago Papasquiaro: Ejido San Diego de Tenzáenz, Ejido El Salto de Camellones y la Comunidad de El Tarahumar y Bajíos del Tarahumar; y de la región del Salto: Ejido La Victoria, Ejido La Ciudad y el Ejido Pueblo Nuevo.

La región del Salto se localiza en la zona centro oeste enclavado en la Sierra madre Occidental, dentro de las subprovincias Gran Meseta y Cañones Duranguenses; se localiza la región entre los paralelos 23° 46' 51" y los meridianos 105° 21' 32", caracterizado en su parte alta relieve característico de sierra alta, algunas mesetas alineadas del sudoeste al noreste con lomeríos y zonas onduladas, y en la parte media pendientes de moderadas a fuertes. El clima es templado húmedo. La temperatura media anual oscila entre 11.7 °C, con una mínima en el mes más frío de 3°C y 18°C en el mes más cálido. Las lluvias veraniegas ascienden a los 1200 mm anuales; con altitudes entre 1600 y 2750 msnm. Al área de estudio domina un bosque de pino – encino en donde el género *Pinus* es el más importante económicamente, el género *Quercus* esta cobrando importancia comercial (INEGI, 2002).

La zona de Santiago Papasquiaro se localiza en la zona noreste enclavado en la Sierra madre Occidental, dentro de las subprovincias Gran Meseta y Cañones Duranguenses; se localiza la región entre los paralelos 25° 03' y los meridianos 105° 29', con relieves característico de sierra alta, algunas mesetas alineadas del sudoeste al noreste con lomeríos y zonas onduladas, y en la parte media pendientes de moderadas a fuertes. El clima es templado húmedo, con una temperatura media anual oscila entre 11.7 °C. Una precipitación media anual de 600 mm anuales; con altitudes entre los 1740 y 2950 msnm. Al área domina un bosque mezclado de pino – encino, el género *Pinus* es también el de mayor importancia económica, el género *Quercus* manifiesta alternativas comerciales de aserrio y celulosa (INEGI, 2002).

### 2.4.1 Métodos

Para el análisis de las categorías diamétricas marcadas y aprovechadas, se aplicó la distribución probabilística Weibull, cuya ecuación, de acuerdo con Návar y Contreras (2000) es el modelo (1) en forma de densidad probabilística y el modelo (2) en forma de densidad probabilística acumulada:

$$P(X) = \alpha(x-e)^{\alpha-1}(b-e)^{-\alpha} * EXP^{-\left(\frac{x-e}{b-e}\right)^{\alpha}} \quad (1)$$

Donde:

$$P(X \leq X) = 1 - EXP^{-\left(\frac{x-e}{b-e}\right)^{\alpha}} \quad (2)$$

La estimación de parámetros se puede resolver por diversos procedimientos. Destaca el método de Momentos descritos por Návar y Contreras (2000). Con este procedimiento se estima primero el parámetro de forma por procedimientos iterativos, con la ecuación (3). Posteriormente se estiman los parámetros de escala con la ecuación (4) y de posición con la ecuación (5) con el uso del parámetro de forma, como sigue:

$$\gamma = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{\alpha}\right) - 3\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right)\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) + 2\Gamma^3\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}{\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right]^{\frac{3}{2}}} \quad (3)$$

$$B = \left[ \frac{\delta^2}{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)} \right]^{\frac{1}{2}} ; \quad (4, 5)$$
$$e = \mu - B\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

El cálculo de la distribución de productos forestales aserrables con diámetros ( $d \geq 20$  cm) y para productos para triplay ( $d \geq 40$  cm) se realiza por medio de diversos modelos de ahusamiento (Clutter *et al.*, 1983; Wenger, 1983). Destaca el modelo de ahusamiento de Clutter (1980) por su sencillez y

facilidad de uso. Este modelo derivado por Nívar *et al.* (1997) se reporta en la ecuación (6):

$$D_i = 1.4037 * (D_{1.30}^{0.9929}) * (H^{-0.6696}) * (H - h_i)^{0.5722} \quad (6)$$

La altura comercial se deriva con la ecuación (7).

$$\int_{h_i=0}^{hl=hi} 1.4037 * (D^{0.9929}) * (H^{-0.6696}) * (H - hi)^{0.5722} \partial hi = \quad (7)$$

y el volumen con la ecuación (8)

$$V_i = \left[ \frac{.892825 d^{.9929} (h_i - H) * (-h - H)^{.5722}}{H^{.6696}} \right]^2 * .7854 * h_i \quad (8)$$

Resolviendo por  $h_i$ ; altura hasta diámetro mínimo de corta para aserrio ( $d \leq 20$  cm).

$$(h_i - H) * (-h_i - H)^{0.5722} = \frac{1.12004 H^{.6696} d_i}{d^{.9929}}$$

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estructuras diamétricas observadas de las relaciones de marqueo se presentan a continuación.

a) Santiago Papasquiaro. Las estructuras diamétricas para la región de Santiago Papasquiaro muestran que los diámetros de los árboles extraídos son simétricos, con un promedio de aproximadamente 45 cm y una desviación estándar de 10 cm (Figura 2). Es decir, aproximadamente el 68% de los árboles marcados presentan entre 35 y 55 cm de diámetro. Árboles con diámetros menores que 35 cm y mayores que 55 cm presentan probabilidades de cosecharse de aproximadamente el 30%.

La distribución Weibull se ajusta adecuadamente y los valores de los parámetros fueron: para el parámetro  $\alpha = 2.88$ , para el parámetro  $\beta = 49.47$ , y para el parámetro  $C = 15.15$ .

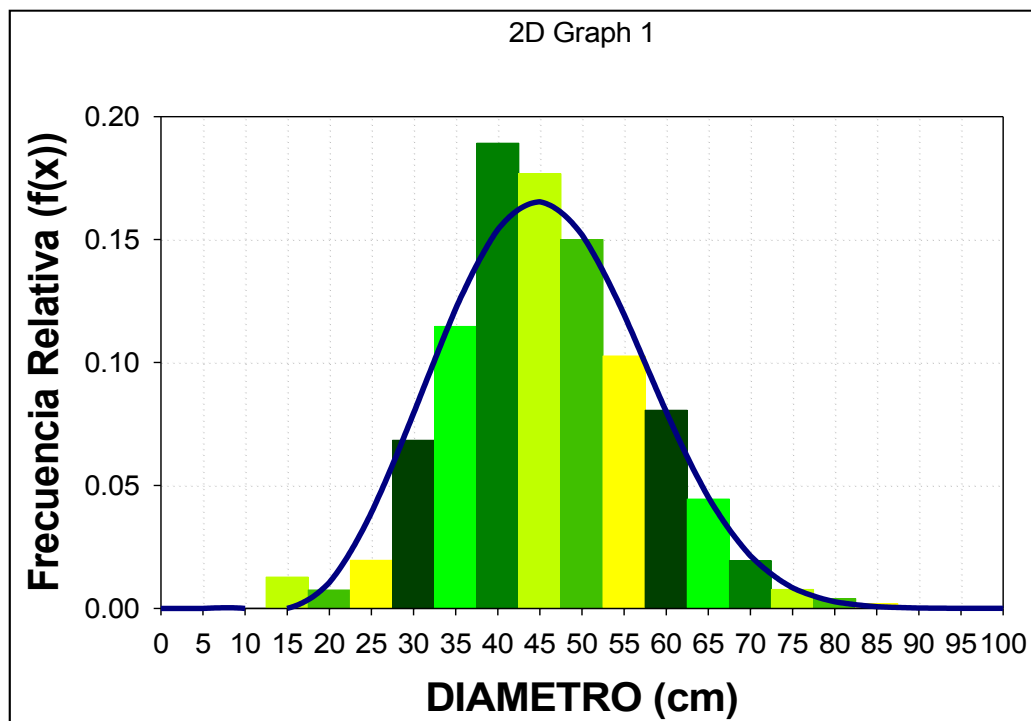


Figura 2. Categorías diámétricas observadas y estimadas con la distribución Weibull para la región forestal de Santiago Papasquiaro, Durango.

b) El Salto. Las estructuras diámétricas para la región de El Salto manifiestan que los diámetros de los árboles extraídos no presentan una simetría en su distribución. Se cosecha mayor número de árboles con diámetros menores. El diámetro promedio es de aproximadamente 35 cm y una desviación estándar de 7.5 cm (Figura 3). Es decir, aproximadamente el 70% de los árboles marcados presentan entre 27.5 y 42.5 cm de diámetro. Árboles con diámetros menores que 25 cm y mayores que 45 cm presentan probabilidades de cosecharse de aproximadamente el 30%.

La distribución Weibull se ajusta adecuadamente y los valores de los parámetros fueron: para el parámetro  $\alpha = 4.71$ , para el parámetro  $\beta = 37.49$  y para el parámetro  $C = 11.06$ .

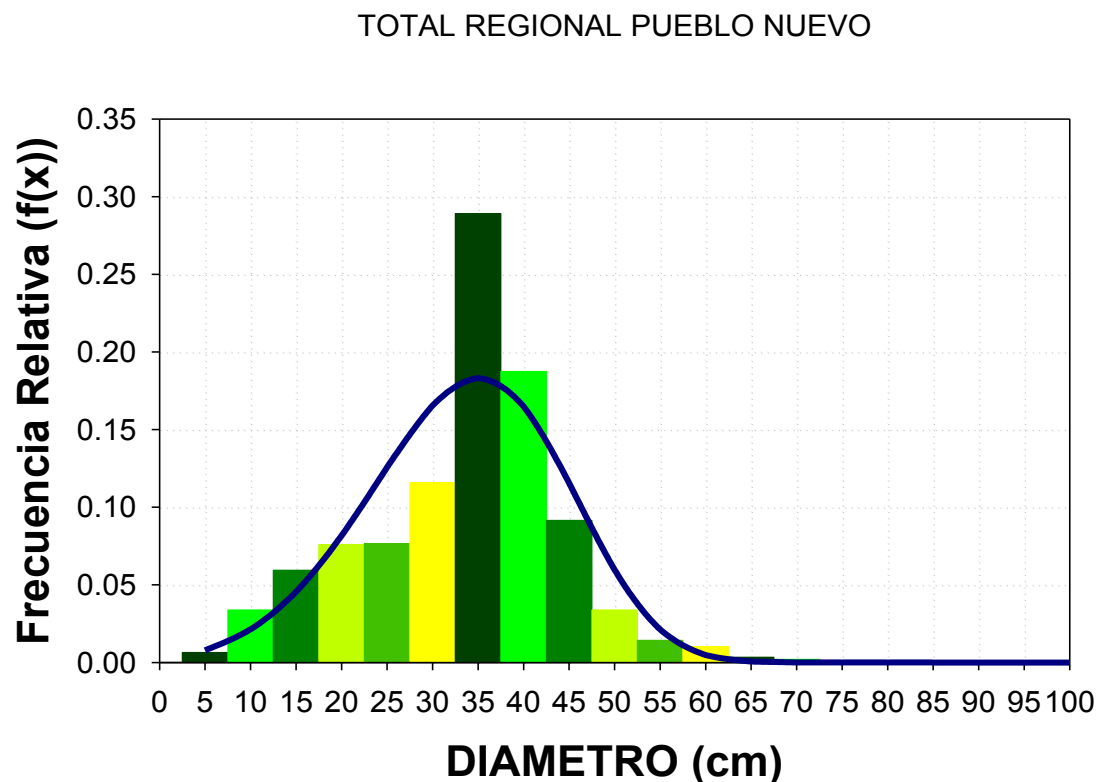


Figura 3. Categorías dímétricas observadas y estimadas con la distribución Weibull para la región forestal de Pueblo Nuevo, Durango

La distribución de productos forestales se estima con la aplicación del modelo de Clutter (1980) con parámetros descritos por Návar *et al.* (1997) y arroja los resultados descritos en la Tabla 1 y en las figuras 4 y 5.

Los diámetros mínimos definidos al aserrio y al triplay fueron de 20 y 40 cm, respectivamente. Para el aserrio se ha descrito que una troza la cual pueda ser cuadrada como un durmiente podría ser utilizada dentro de la elaboración de madera aserrada. Considerando el ancho de un durmiente como 16 cm, se requiere de un diámetro de 18 cm para poder cuadrarlo. Por esta razón se determina con una compensación de 2 cm. Para el triplay se definió un diámetro mínimo de 40 cm determinado por observaciones empíricas de los autores. En la Tabla 1 se demuestra que para los diámetros promedio para la región del Salto y Santiago Papasquiaro se obtienen 90.0 y 0.0 y 96.0 y 44.0% para aserrio y triplay, respectivamente de trozas con volúmenes de 1.01 y 1.87 m<sup>3</sup>.



Arbolado con diámetros mayores que 15 y 40 cm poseen volumen para aserrio y triplay. Porcentajes por arriba del 50 para destino de aserrio y triplay serian rentables económicamente y para alcanzar esta eficiencia se requiere de arbolado con diámetros mayores que 25 y 50 cm, respectivamente.

Tabla 1. Distribución de productos forestales (aserrio y triplay) derivados del modelo de Clutter (1980) con parámetros estimados para *P. cooperii* (Návar *et al.*, 1997) del estado de Durango.

<b>D(cm)</b>	<b>H(m)</b>	<b>V(m3)</b>	<b>vt20(m3)</b>	<b>vt40(m3)</b>	<b>Aserrable (%)</b>	<b>Triplay (%)</b>
0.05	6.98	0.01	.	.	.	.
0.10	10.21	0.05	.	.	.	.
0.15	12.76	0.13	.	.	.	.
0.20	14.94	0.26	0.07	.	0.28	.
0.25	16.89	0.45	0.30	.	0.67	.
0.30	18.67	0.70	0.58	.	0.83	.
0.35	20.32	1.01	0.91	.	0.90	.
0.40	21.87	1.40	1.31	0.22	0.94	0.15
0.45	23.33	1.87	1.79	0.83	0.96	0.44
0.50	24.72	2.41	2.34	1.48	0.97	0.61
0.55	26.05	3.04	2.98	2.20	0.98	0.72
0.60	27.32	3.75	3.70	2.99	0.98	0.80
0.65	28.55	4.56	4.51	3.86	0.99	0.85
0.70	29.74	5.46	5.41	4.82	0.99	0.88
0.75	30.89	6.45	6.41	5.86	0.99	0.91
0.80	32.00	7.55	7.51	6.99	0.99	0.93
0.85	33.08	8.75	8.71	8.22	1.00	0.94
0.90	34.14	10.05	10.01	9.56	1.00	0.95
0.95	35.17	11.46	11.42	11.00	1.00	0.96
1.00	36.17	12.98	12.94	12.54	1.00	0.97

La distribución de productos de las estructuras diamétricas extraídas para el área de Santiago Papasquiaro se presenta en la Figura 4.

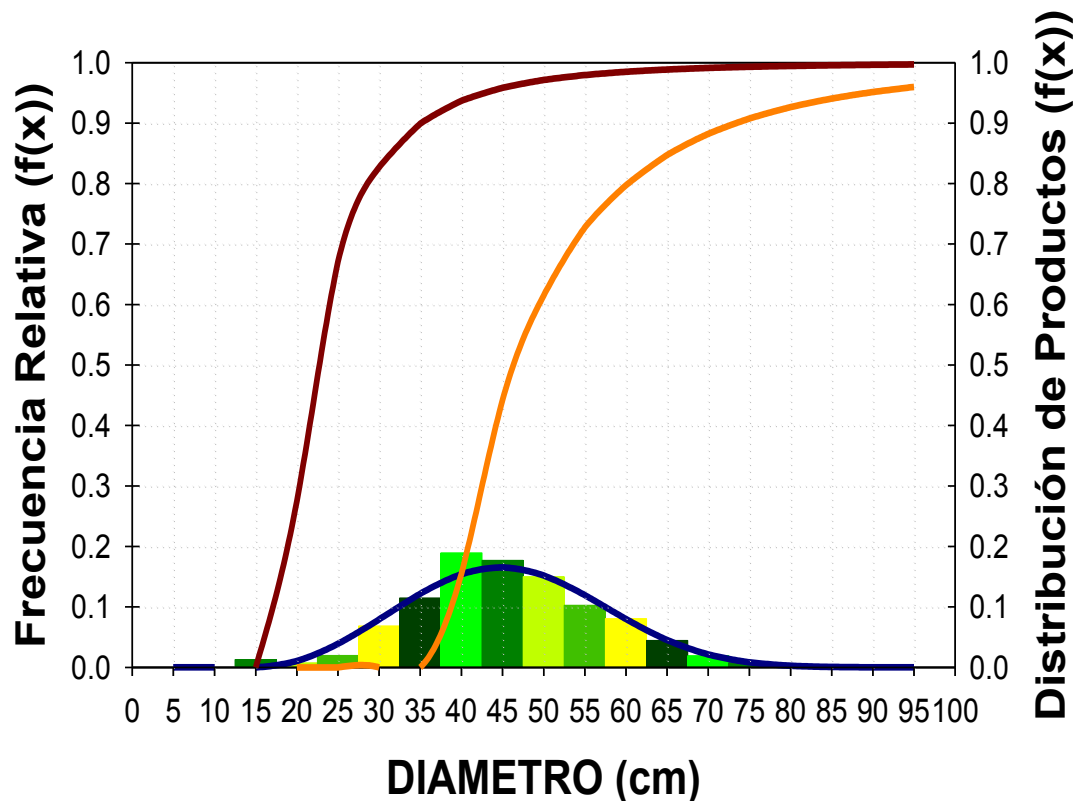


Figura 4. Distribución de Productos de Aserrio y Triplay en relación de los Diámetros aprovechados. Región Santiago Papasquiaro, Durango.

La probabilidad de observar árboles con frecuencias diamétricas multiplicadas por la probabilidad de aprovechar la parte del fuste para aserrio resulta en la proporción del árbol destinado para la producción de tablas de largas dimensiones. Para el área de Santiago Papasquiaro esto indica un valor de 91%. El resultante 9% se debería destinar a la producción de madera aserrada de cortas dimensiones y a la celulosa. Del 91% destinado al aserrio, el 38% podría destinarse a la producción de triplay siempre y cuando reúna los requisitos de calidad y el 62% restante a la elaboración de madera aserrada.

Los diámetros mayores a 60 cm son los de menor presencia en los rodales de los bosques de ésta región forestal. La trocería procesada es suficiente para abastecer en promedio a 4 industrias de triplay en la región con un volumen anual de abastecimiento de promedio de 30 a 40 mil m<sup>3</sup> anuales, atendiendo la capacidad instalada promedio en el estado reportada por AIFDAC

(2004). Sin embargo por presiones de abastecimiento en los aserraderos de los ejidos y comunidades y de otros poseedores de los recursos forestales utilizan en ocasiones trocería propia de la industria del triplay en aserrio de largas dimensiones. Por otro lado los costos de extracción de productos de aserrio con las distancias superiores a los 400 Km, el sobreprecio que se está pagando por la trocería en otras regiones, gran cantidad de ejidos cercanos a éstas zonas, promueven la venta de sus excedentes a la industria forestal ubicada en esas regiones.

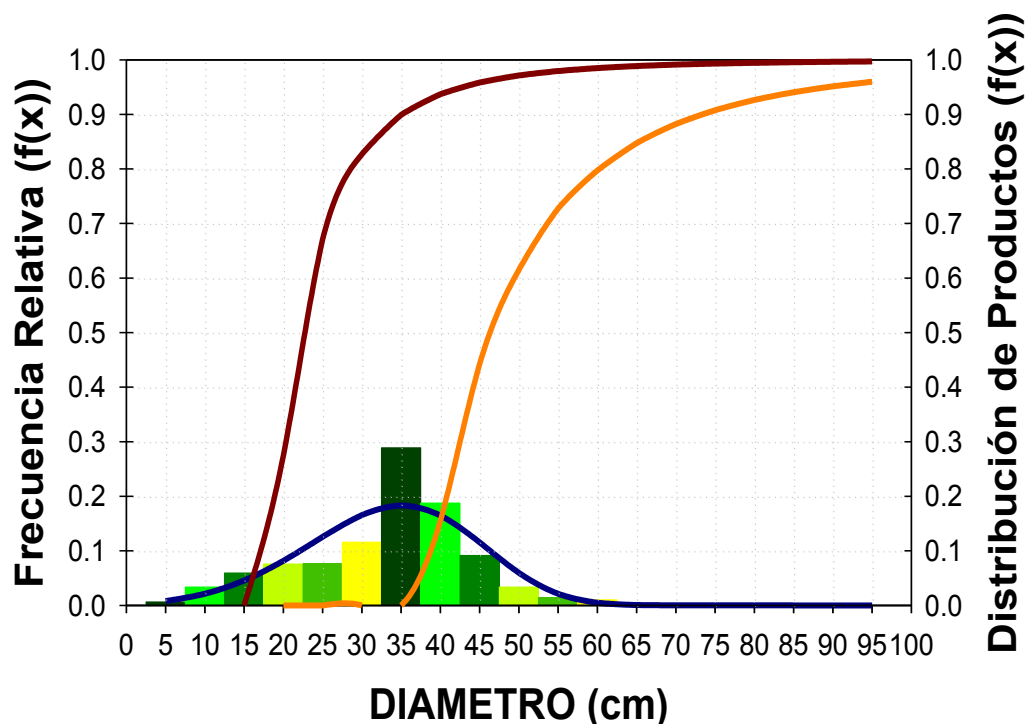


Figura 5 Distribución de Productos de Aserrio y Triplay en relación de los Diámetros aprovechados. Región Pueblo Nuevo, Durango.

La probabilidad de observar árboles con frecuencias diamétricas multiplicadas por la probabilidad de aprovechar la parte del fuste para aserrio resulta en la proporción del árbol destinada para la producción de tablas de largas dimensiones. Este valor para el área de El Salto indica un valor de 75%. El resultante 25% se debería destinar a la producción de madera aserrada de cortas dimensiones y a la celulosa. Del 75% destinado al aserrio, el 11% podría

destinarse a la producción de triplay siempre y cuando reúna los requisitos de calidad y el 89% restante a la elaboración de madera aserrada.

En resumen los aprovechamientos maderables legales en el Estado de Durango presentan una mayor tendencia hacia arbolado con diámetros promedio de 35 a 45 cm, dependiendo de la región. Otros factores que pueden explicar las dimensiones del arbolado extraído pueden ser los métodos de manejo silvícola. En el estado existe el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) para el manejo de bosques regulares, mientras que para el manejo irregular se aplica el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) en cualesquiera de sus modalidades. Los métodos mezclados son muy variados y no siguen un patrón sistematizado aunque la mayoría de los casos resultan ser una combinación entre el MMOM y el MDS (Simbus, Mixto, Sicodesi) que pudieran estar modificando las estructuras diamétricas de los bosques remanentes y de la remoción. El tiempo de aprovechamiento de los ecosistemas forestales, el periodo de tiempo entre dos intervenciones, el tiempo de la última veda o de descanso, las oportunidades de mercado para cierto tipo de productos, las condiciones socioeconómicas de los dueños de los bosques.

La industria se ha modificado en los últimos años en el estado de Durango, lo anterior ha propiciado que la industria se vea afectada en su productividad por la constante falta de oportunidad y calidad de trocería que se requiere anualmente para mantener la mano de obra que se requiere en el proceso de fabricación. Se hace necesario realizar un diagnostico de las posibilidades anuales, estimaciones de categorías diamétricas posibles a derribar, su ubicación dentro de las zonas de abastecimiento, costo de producción, precios de trocería entre otras, con la finalidad de realizar las proyecciones necesarias de adquisiciones de producto y maquinaria por parte de la industria forestal para estar en condiciones de programar las inversiones y generar los posibles empleos que se generen para su industrialización.

## **2.6 CONCLUSIONES**

El arbolado derribado de los aprovechamientos forestales legales en el Estado de Durango satisfacen los requerimientos de la industria de aserrio porque los árboles extraídos tienen una probabilidad por arriba del 95% de encontrarse con diámetros mayores que 15 cm. Para la industria del triplay la probabilidad de observar árboles con diámetros mayores que 40 cm se reduce por debajo del 35%. Por la distribución diamétrica y la distribución de productos analizados, existe la posibilidad de abastecer dimensionalmente en promedio 7 fabricas de triplay en el Estado de Durango con un volumen anual promedio de troceria de 30 a 40 mil m<sup>3</sup>r. En la calidad se requiere de un estudio para estimar el valor correcto de la disponibilidad de troceria para satisfacer esta industria. Esto es materia de investigación adicional.

Es necesario la determinación de un diagnostico de mercado nacional de productos forestales, donde la diversidad de productos y servicios de abastecimiento permita mayor alternativa de ingresos a los poseedores y la productividad del bosque, que cubra el aumento de las necesidades en la demanda del consumo interno de la producción nacional, evitando en parte recurrir a las importaciones, que se han incrementado en los últimos años.

Las proyecciones de nuevas inversiones en la Industria Forestal en el Estado de Durango, deben estar en función de la posibilidad anual del volumen y de las categorías diamétricas existentes y proyectadas con modelos probabilísticos para el derribo; y distribución a los aserraderos, fábricas de triplay y empresas con procesos de impregnación, entre otras.

## **2.7 LITERATURA CITADA**

Hernández, J.C., A. Quiñones y A. Delgado. 1992b. Diagnostico de la Industria Forestal de Durango. AIFDAC, CNIF Delegación Durango e INIFAP. Durango México. 41p.

Hernández, J.C., A. Quiñones y A. Delgado. 1992a. Situación Actual del recurso Forestal de Durango. AIFDAC, CNIF Delegación Durango e INIFAP. Durango México. 27p

AIFDAC. 2004. Durango, sus Bosques y su Industria en cifras. Durango, México. pp 2-28.

Clutter, J. L. 1980. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equation. For. Sci. 26:117-120

Clutter, J. L. Forston, L. V. Pienaar, G. H. Brinter, and R. L. Bailey. 1983. Timber management: A quantitative approach. Wiley, New York. 333 p.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020 (ESFAL) – Informe Nacional México.  
<http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s11.htm>

Návar, Ch..J. de J., Domínguez, C.P.A., Contreras A.J.C. y Estrada M.C., 1997. Ajuste de Siete Modelos de Ahusamiento a los Perfiles Fustales de *Pinus harwegii Lingl* del Nordeste de México. Agrociencia 31: pp 73-81

Návar y Contreras. 2000. Ajuste de la Distribución a las Estructuras Diámetricas de Rodales Irregulares de Pino en Durango, México. Agrociencia Vol. 34, Num. 3. pp 353-361

SEMARNAP. 2000. Diagnóstico de la Actividad Forestal de Durango, y sus Perspectivas. 2000. Durango Méx. pp 4-10

## Tesis de Maestría en Ciencias Forestales

Kaimowitz. 2005. FAO. Informe del cuadro de expertos externos de alto nivel en temas forestales al Director General de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Junio 3 2005  
<http://www.fao.org/docrep/meeting/009/j4269s.htm>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2002.  
Anuario Estadístico del Estado de Durango. Edición 2004. México

## **CAPITULO 3**

### **PROYECCIONES DIÁMETRICAS DE BOSQUES TEMPLADOS DE DURANGO, MÉXICO**

#### **3.1 RESUMEN**

El entendimiento de los cambios estructurales de las masas forestales es clave en la plantación de la sustentabilidad en el mediano y largo plazo para la industria forestal, de las comunidades forestales y de la población. En este trabajo de investigación se presentan las proyecciones diamétricas de bosques del centro de Durango México con la aplicación de modelos de crecimiento diamétrico, la estructura de árboles extraídos diamétricamente y la estructura diamétrica de árboles remanentes. De las relaciones de marqueo y del inventario forestal de 1996 se extrajo información diamétrica de los árboles presentes de 3 ejidos de la región del Salto Durango. Se modelaron las estructuras diamétricas con la distribución probabilística Weibull. A los árboles remanentes se les aplicó un modelo de crecimiento en diámetro. La extracción de árboles se concentró en dos formas: a) la estructura diamétrica de la relación de marqueo y b) la estructura diamétrica simulada que caracteriza la distribución actual. Se simuló diferentes intensidades de corta desde 5 hasta 40% de las existencias reales y el modelo converge cuando el volumen permanece constante entre intervenciones. Se observa que de continuar cortándose árboles con las estructuras diamétricas de la relación de marqueo, la distribución tiende a reducir el número de individuos de mayores dimensiones y a desplazar la moda diamétrica hacia la derecha de la distribución cuando las existencias reales convergen en tiempo. Esta tendencia es más notoria con intensidades de corta superiores al 20%. Cuando se extraen árboles proporcionalmente con la distribución presente, se observa que el tiempo para alcanzar los volúmenes se incrementa hasta 10 años cuando IC=40%. Como consecuencia, la recomendación es aplicar una intensidad de corta al 20 o 25%, con la extracción de árboles proporcionalmente en todas las estructuras y el tiempo entre intervenciones de 18 a 24 años. De esta manera se satisface la



industria del aserrio preferencialmente, se da certidumbre a la industria del triplay en el mediano y largo plazo, se mantienen las estructuras dasométricas, y posiblemente se estabiliza la sociedad de la región.

**Palabras clave:** Distribución Weibull, crecimiento diamétrico, intensidad de corta.

### **3.2 ABSTRACT**

The understanding of structural changes of native forests plays a key role in planning sustainable forest management practices for the forest industry, society, and plant communities. In this research we project diameter structures of native coniferous forests of Central Durango, Mexico with the application of diameter growth models, the diameter structures of standing, harvested, and remnant trees. From harvesting records and forest inventory we extract and model diameter structures of standing, harvested and remnant trees of three ejidos of the El Salto Region of Durango, Mexico. Diameter structures were modeled by the Weibull probability distribution. A diameter growth model was applied to remaining trees. We simulate to different ways of harvesting trees: a) by simulating harvesting records and b) by simulating the current diameter structure of standing trees. Eight different harvesting intensities were simulated, from 5 to 40% of the volume per ha and the simulation stops when standing volume remains constant between harvesting operations. We observed that continued harvesting simulating the previous records would reduce the diameter structure variation on the right hand side and displace the mode to the right hand side of the distribution. This pattern is noted when harvesting is greater than 20% of the standing volume. When harvesting is conducted proportionally to the current diameter structures, longer time, up to 10 years, is required to attain the diameter structures in contrast to when it is harvested according to previous records. Therefore, the recommendation is to harvest trees at an intensity between 20 to 25% proportionally to the present diameter structures

and the lag time between harvesting between 18 to 24 years. This practice would warrant similar diameter structures between harvesting operations. By doing this, we comply with the sustainable management of forests for industry, society and the well being of ecosystems.

**Key words:** Weibull distribution, diameter growth, harvesting intensity.

### **3.3 INTRODUCCIÓN**

Existe la percepción de que los bosques nativos están siendo modificados substancialmente por la extracción de trocería. Es posible que esto sea parcialmente cierto en algunas regiones de la tierra. Sin embargo, no debemos de soslayar que esta práctica contribuye con aproximadamente el 3% de PIB del mundo y que algunos países o regiones obtienen mayores ingresos por el manejo de los bosques nativos.

Los modelos para proyectar variables dasométricas de los bosques son necesarios en el entendimiento de la sustentabilidad de los ecosistemas forestales. Los modelos de incremento y rendimiento son una continuación de las tablas de producción. Existen bastantes técnicas disponibles para modelar el crecimiento en volumen, área basal, densidad, etc. (Clutter *et al.*, 1983; Vanclay, 1994). La clasificación de los modelos se hace desde la perspectiva del parámetro a modelar en escalas espaciales, desde árboles individuales, grupos de árboles hasta rodales completos (Clutter *et al.*, 1983; Vanclay, 1994). Los modelos al nivel del rodal requieren de parámetros como el área basal, la densidad el volumen o el incremento en volumen o área basal. Estos modelos se han probado exitosamente en bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental de Durango, México (Aguirre-Bravo, 1987; Návar *et al.*, 1996; Zepeda-Bautista y Domínguez-Pereda, 1998). Los modelos al nivel del grupo de árboles o de los árboles individuales generalmente proporcionan información del grupo o de cada árbol dentro de un rodal (Shugart, 1984; Wykoff, 1986;

Vancly, 1994). Esta última clase de modelos son flexibles y proporcionan información de fácil interpretación para la sustentabilidad.

Los objetivos de esta investigación fueron (a) determinar y modelar las estructuras diamétricas de árboles en pie y cosechados, b) proyectar las distribuciones diamétricas en tiempo, con simulaciones en b.1) la intensidad de corta, b.2) las restricciones en las dimensiones diamétricas de los árboles a extraer en bosques nativos del centro de Durango, México.

### **3.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.4.1 Descripción del área de estudio**

Esta investigación se desarrollo en tres ejidos forestales manejados por la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No 6, UCODEFO No 6, de la Sierra Madre Occidental de Durango, México. Los ejidos estudiados fueron: a) La Ciudad, b) La Victoria y c) Pueblo Nuevo, cuya representación forestal es de la mayor envergadura en la región de estudio. Los ejidos se localizan en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, con coordenadas 105°36'19''W y 105°51'48''W y 24°19'05''N y 24°30'16''N, can altitudes desde los 2000 a los 2900 metros sobre el nivel del mar. El área se caracteriza por ser frío templado, con precipitación y temperatura promedio anual de 900 mm y 15°C, respectivamente (Figura 1).

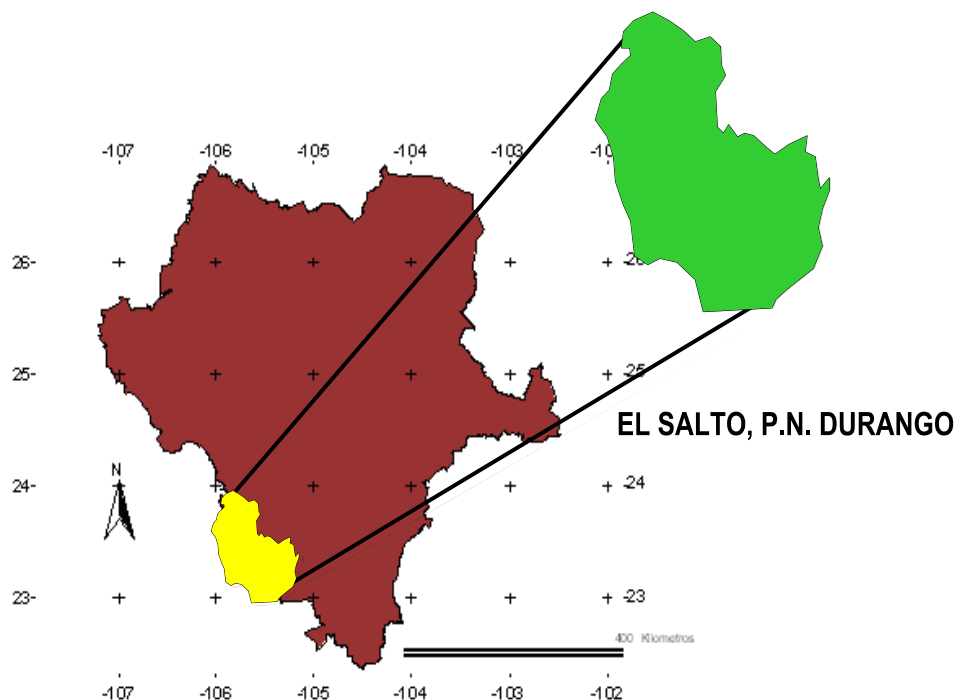


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Región de El Salto, P.N., Durango, México.

### 3.4.2. Metodología.

A) Las relaciones de marcaeo. Las anualidades analizadas para esta investigación en el Ejido la Ciudad fueron la sexta y séptima del periodo 2002-2003, y 2003-2004 donde el método silvícola es MDS, en el Ejido La Victoria se tomaron en cuenta las anualidades sexta y séptima que comprenden los periodos 2002-2003 y 2003-2004 aplicándose el método Mixto. En el Ejido Pueblo Nuevo se analizaron las relaciones de marcaeo de la séptima anualidad del periodo 2003 2004 en donde también se aplico el método silvícola mixto. Las especies de mayor valor comercial por orden de importancia y volumen de aprovechamiento son *Pinus cooperi* Blanco, *p. leiophilla* Schl et Cham, *P. engelmannii* Carr, *P. duranguensis* Martínez, *P. cooperi* var ornelasi Martínez, *P. teocote* et Cham, *P. herrerae* y otras especies de menor valor comercial como son *P. ayacahuite* Echiede, *P. lumholtzi* Rob, *P. douglasiana* Martínez, *P. michoacana*, *P. oocarpa* Schiede y *P. maximinoi* H. E. Moore, además de

especies de encino (*Quercus*), así como la presencia de *Arbutus*, *Juniperus* y *Pseudotsuga*.

B) Los datos del inventario forestal para 10 ejidos de la región del Salto estuvieron disponibles para el modelaje de la distribución diamétrica de los árboles en pie. El inventario fue levantado durante 1996 y los datos de marcado de las anualidades corresponden al plan de corta vigente con este inventario. Con los datos de los diámetros se ajustó la distribución probabilística Weibull por el método de momentos, descrito por Návar y Contreras (2000). La distribución probabilística Weibull como función de densidad y como función de densidad integrada están dadas por las ecuaciones [1] y [2], respectivamente (Haan, 1986), como sigue:

$$P_X(X) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^\alpha} \quad [1]$$

$$P_X(x \leq X) = 1 - e^{-\left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^\alpha} \quad [2]$$

donde:  $p_X(x)$  = la probabilidad de la variable aleatoria, diámetro.  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\varepsilon$  son los parámetros de forma, escala y posición de la distribución, respectivamente.

Los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\varepsilon$  se estimaron iterativamente por el procedimiento de momentos convencionales, reportados por Haan and Shapiro (1967), donde el parámetro de forma se relaciona con el parámetro de sesgo en la ecuación [3]:

$$\gamma = \frac{\Gamma(1 + 3/\alpha) - 3\Gamma(+2/\alpha)\Gamma(+1/\alpha) + 2\Gamma^3(1 + 1/\alpha)}{[\Gamma(+2/\alpha) - \Gamma^2(1 + 1/\alpha)]^{3/2}} \quad [3]$$

Donde:  $\mu$  y  $\sigma$  son el promedio y desviación estándar de la variable aleatoria, respectivamente, y  $\Gamma(x)$  es la función gamma. El parámetro de forma se ajusta iterativamente por la solución de la ecuación [3] para posteriormente resolver por los parámetros de escala y posición, como sigue:

$$\beta = \left[ \frac{\sigma^2}{\Gamma(1 + 2/\alpha) - \Gamma^2(1 + 1/\alpha)} \right]^{1/2} \quad [4]$$

$$\varepsilon = \mu - \beta\Gamma(1 + 1/\alpha) \quad [5]$$

Las distribuciones probabilísticas del inventario y del marqueo se presentan en la figura 2.

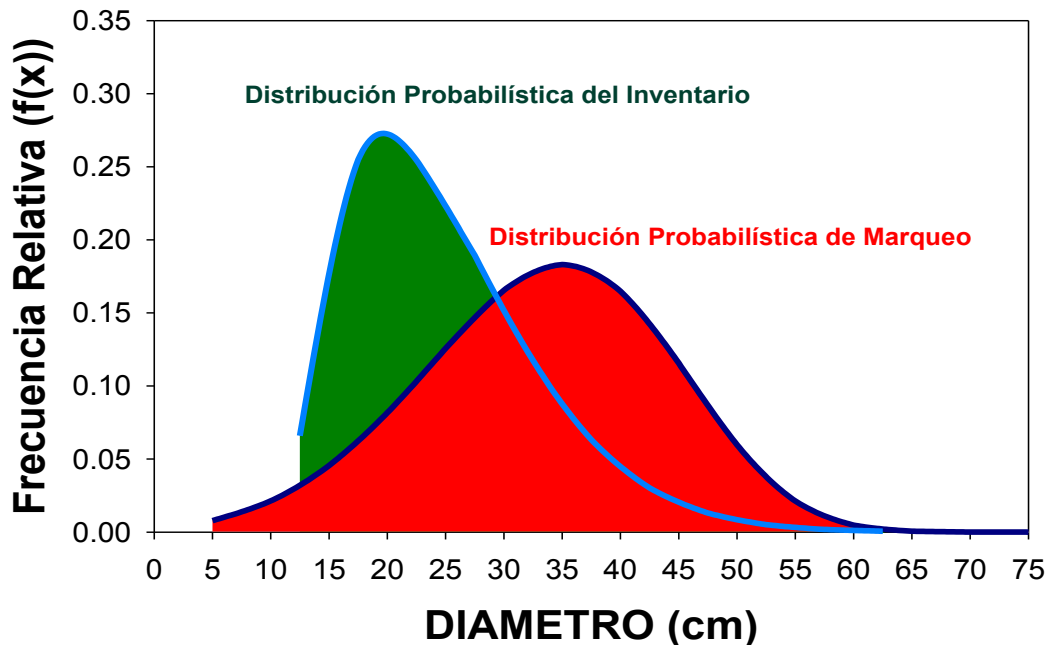


Figura 2. Las distribuciones probabilísticas diamétricas modeladas por la función Weibull para datos provenientes del inventario y de las relaciones de marqueo.

Los parámetros de forma, escala y posición tuvieron valores diferentes para ambos casos  $\alpha=1.6$ ,  $\beta=26.3$  y  $\varepsilon=12.1$  para los datos del inventario y  $\alpha=4.72$ ,  $\beta=37.49$  y  $\varepsilon=-11.06$  para los datos de la relación de marqueo.

El modelo de crecimiento en diámetro de Chapman – Richards se reporta por Corral y Návar (2005) como se presenta en la figura 3 y fue derivado de análisis troncales. El modelo fue ajustado para predecir el crecimiento en diámetro con corteza porque fue ajustado para cumplir con este parámetro a través de la ecuación del cálculo de la corteza reportado por Contreras y Navar (2004), como sigue.

$$G.C. = D \cdot \exp^{(-3.58632 - 0.64518 \cdot \ln(h_i))} \quad [6]$$

Donde: GC = grosor de corteza,  $\ln$  = logaritmo natural,  $D$  = diámetro normal y  $h_i$  = altura del árbol.

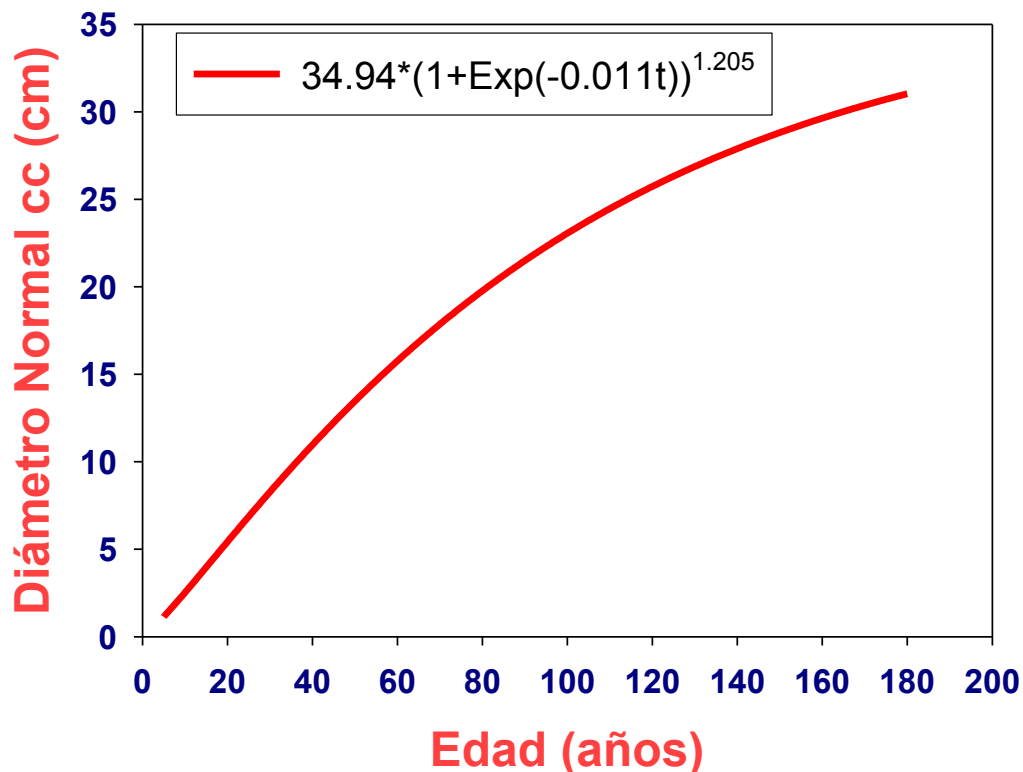


Figura 3. El crecimiento en diámetro para *P. durangensis* proveniente de análisis troncales de un conjunto de árboles del centro de Durango, México.

De los datos de crecimiento en diámetro con corteza de la Figura 3 se derivó el modelo de incremento en diámetro por unidad de diámetro normal. Este modelo se presenta en la Figura 4, con el ajuste de la función matemática de Weibull de 4 parámetros.

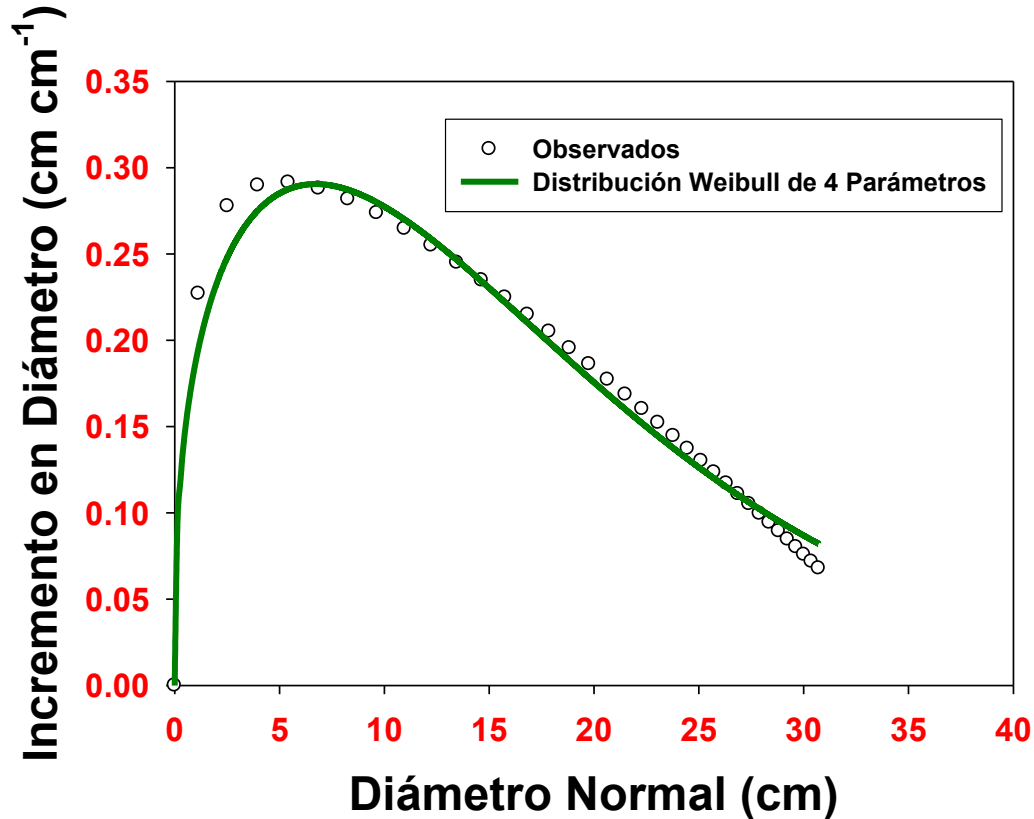


Figura 4. El incremento en diámetro en función del diámetro observado para *P. durangensis* de la región centro de Durango, México.

La función Weibull de cuatro parámetros se describe a continuación en el modelo [7]

$$\frac{\partial D}{\partial t}(D) = a \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1-c}{c}} \left| \frac{D - D_o}{b} + \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}} \right|^{c-1} \cdot \exp \left| \frac{D - D_o}{b} + \left( \frac{c-1}{c} \right)^{\frac{1}{c}} \right|^c + \frac{c-1}{c} \quad [7]$$

Donde:  $\partial D$  = Incremento en diámetro en tiempo  $\partial D$ ,  $D$  = diámetro normal,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $D_o$  son parámetros del modelo, cuyos valores fueron  $a = 0.29$ ,  $b = 17.97$ ,  $c =$



1.36 y  $D_0 = 6.72$ . Este modelo explica el 98% de la variación en el incremento en diámetro y posee la característica adicional de que nace del origen.

Esta información fue suficiente para proyectar las estructuras diamétricas con el procedimiento que se describe a continuación. Se estima el número de árboles por clase diamétrica presentes con la ecuación [1], con parámetros de forma, escala y posición del inventario. De igual manera en b1) para los datos de la relación de marcaeo. Estas dos distribuciones se presentan en la Figura 2. Para b2) se simula la corta de árboles como si siguiera la distribución de los datos del inventario. En la estimación del número de árboles por clase diamétrica se consideraron 570 árboles por hectárea, que proviene de los datos del inventario de los 10 ejidos. Se estima la altura por el diámetro y con estos el volumen con la ecuación logarítmica siguiente:

$$H = -7.77 + 10.28 * \ln(D) \quad [8]$$

$$V = -0.075 + 0.3436D + 0.3669D^2H + 2.4563D^2 - 0.00032DH^2 \quad [9]$$

Donde: H = altura total, D = diámetro normal, V = volumen; los coeficientes son parámetros estadísticos.

Esta información calcula existencias reales por hectárea (ERTHa) de 455  $m^3 ha^{-1}$ . Se aplicó intensidad de corta del 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% y 40% de las ERTHa. Se proyectó el crecimiento en diámetro de los árboles remanentes hasta alcanzar las ERTHa.

### 3.5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

El número de árboles derribados para completar la intensidad de corta se reporta en la Figura 5.

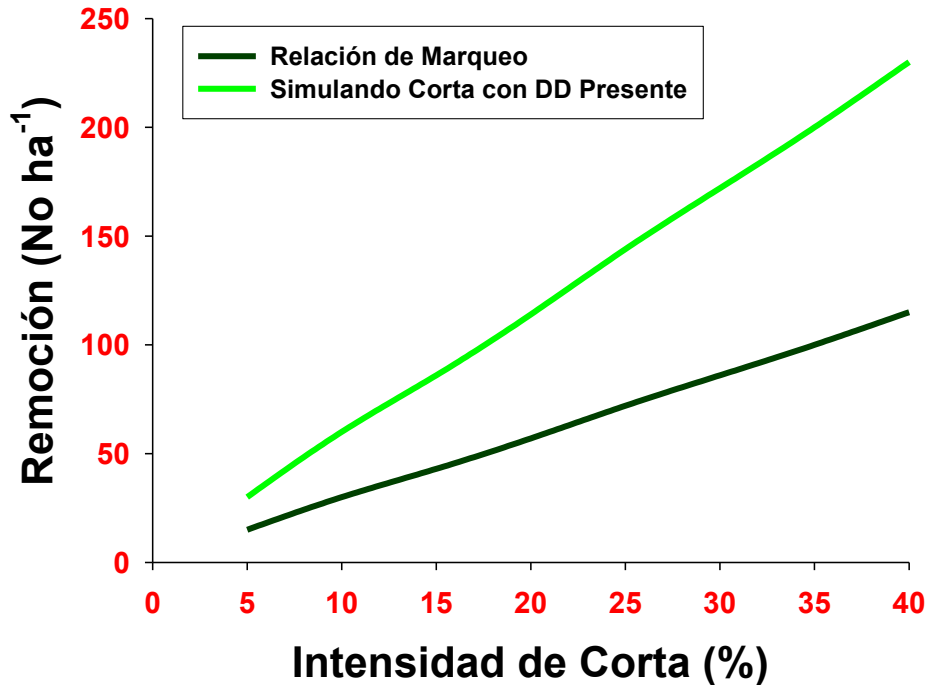


Figura 5. La remoción de árboles por hectárea en función de la intensidad de corta proporcionalmente a la las existencias reales totales por hectárea.

Se observa que el número de árboles removidos crece a una tasa de 2.86 árboles por punto porcentual de remoción de la intensidad de corta cuando se aplica una corta similar a la relación de marqueo. La tasa se dobla cuando se cortan árboles proporcionalmente con la estructura diamétrica presente. Esto se debe fundamentalmente a que cuando se cortan árboles de menores dimensiones, se requiere un número mayor para completar el volumen de remoción. La tasa de árboles removidos es similar en este último caso a la tasa de remoción en volumen. Cuando se extraen árboles en relación con los registros de marqueo, la tasa del número de árboles extraídos es la mitad de la tasa de remoción en volumen.

El tiempo necesario para alcanzar las ERTHa inicial una vez aplicada la intervención se presentan en la Figura 6.

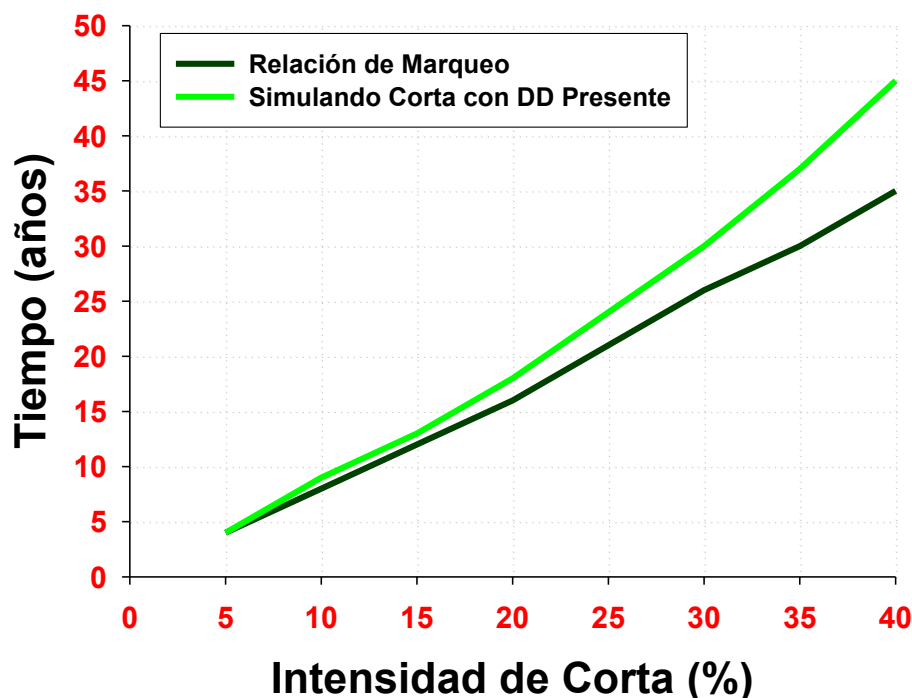


Figura 6. El tiempo necesario para alcanzar las existencias reales por hectárea una vez aplicada la intensidad de corta correspondiente.

Se observa que el tiempo aumenta casi linealmente para cuando se extraen árboles en función de la relación de marqueo y no linealmente cuando se cosechan árboles proporcionalmente en función de la estructura presente. Se observa que si la intensidad de corta es del 40% se debe de esperar 35 y 45 años para que las ERTHa regresen a sus valores iniciales. Si la intensidad de corta es del 20%, se requieren entre 16 y 18 años para regresar a las ERTHa originales para corta en relación con marqueo y en relación con clases presentes, respectivamente. Es decir, cuando se corta con relación de marqueo se requiere menos tiempo para alcanzar las ERTHa porque se cortan los árboles de mayores dimensiones, los cuales crecen menos en diámetro y se

dejan en pie aquellos con menores dimensiones los cuales crecen a una mayor tasa en tiempo.

Las estructuras diamétricas de los árboles con las diferentes intensidades de corta para cuando se extraen con las relaciones de marcaeo se presentan en la Figura 7.

Es claro que las estructuras diamétricas se modifican con la intensidad de corta cuando se extraen árboles en función de las relaciones de marcaeo. Cuando se aplica mayor intensidad de corta anual entre 30 y 40% en bosques, se corre el riesgo de extraer en mayor proporción arbolado con diámetros mayores a 40 cm, dejando solo categorías diamétricas menores; la recuperación natural del rodal a su condición inicial será de mayor tiempo para volver encontrar las diferentes estructuras iniciales antes del aprovechamiento.

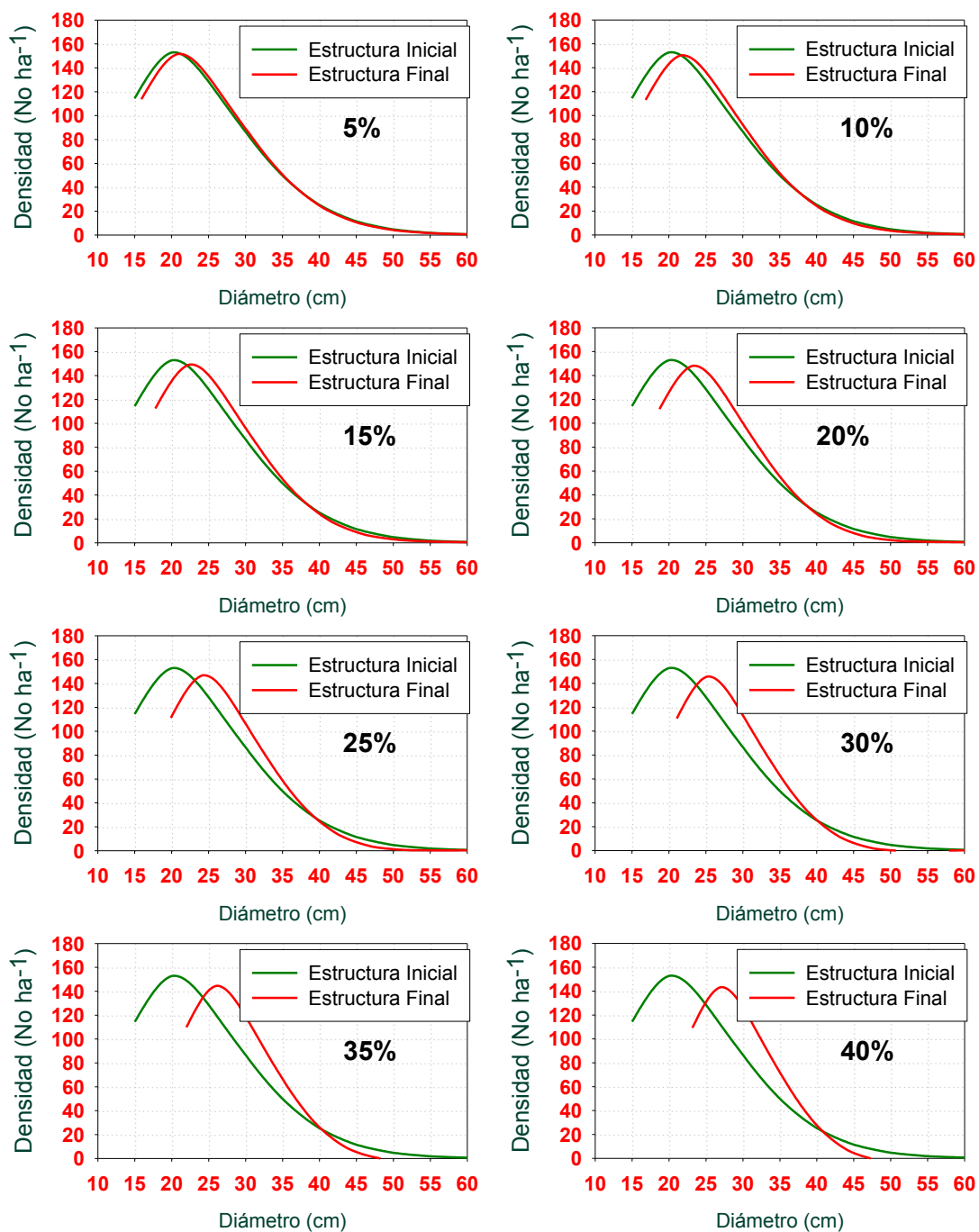


Figura 7. Las estructuras diamétricas resultantes después de alcanzar las ERT<sub>h</sub> cuando se cortan árboles con las relaciones de marqueo.

### **3.6 CONCLUSIONES**

El trabajo de simulación muestra que las intensidades de corta del 20 y 25% en volumen de los bosques de la región del Salto muestran una recuperación en tiempo del volumen y las estructuras diamétricas en un periodo de 17 a 24 años. Cuando se aplican intensidades de corta mayores que 30%, se reduce la posibilidad de encontrar árboles con clases diamétricas de mayores dimensiones en la siguiente rotación, aunque se recuperen sus existencias reales. La reducción de las estructuras diamétricas en subsecuentes rotaciones afecta a la industria que requiere de trocería de grandes dimensiones como es la triplayera, de postes y de estructuras. También afecta a la fauna que necesita de este tipo de nicho dentro de su hábitat. Por esta razón, se recomienda extraer arbolado proporcionalmente a las estructuras diamétricas presentes, con intensidades de corta que no sobrepasen el 25%. La siguiente rotación en promedio tendrá una duración de entre 20 y 25 años para recuperar la condición original en volumen y en estructura.

### **3.7 LITERATURA CITADA**

- Aguirre-Bravo, C. 1987. Stand average and diameter distribution growth and yield models for natural even-aged stands of *Pinus cooperii*. Ph.D. Dissertation. Colorado State University. Fort Collins, CO.
- Clutter, J.L., J.C. Forston, L.V. Pienaar, G.H. Brister y R.L. Bailey. 1983. Timber management: A quantitative approach. Wiley, New York. 333 p.
- Corral, S. y J. Návar. 2005. Comparación de técnicas de estimación de volumen fustal total para cinco especies de pino de Durango, México. Ciencia e Investigación México.
- Haan, G.J., and S. S. Shapiro. 1967. Statistical Models in Engineering. Jhonn Wiley. New York. 418 p
- Haan, C.T. 1986. Statistical Methods in Hydrology. Iowa State Press. USA. 378p

- Návar, J., J. Jiménez, P.A. Domínguez, O. Aguirre, M. Galván y A. Páez. 1996. Predicción del crecimiento de masas forestales mixtas e irregulares en base a las distribuciones diamétricas en el sureste de Sinaloa, México. *Investigación Agraria: Sistemas Forestales* 5: 213-229.
- Návar J. y Contreras, J.C. 2000. Ajuste de la Distribución Weibull a las Estructuras Diamétricas de Rodales Irregulares de Pino en Durango, México. *Agrociencia* 34(3): 353-361.
- Contreras, J.C. y Návar, J. 2004. Ecuaciones Aditivas para Estimar Componentes de Volumen para *Pinus teocote Schl.* De Durango, México. *Ciencia Forestal* 27(91): 67-81.
- Shugart, H.H. 1984. *A. Theory of Forest Dynamics*. Springer Verlag. New York.
- Vanclay, K.V. 1994. *Modeling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 312 p.
- Wykoff, W.R. 1986. Supplement to the user's guide for the stand prognosis model-Version 5.0. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. INT-208. 36 p.
- Zepeda Bautista, M.E. y A. Domínguez-Pereda. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engl., de El Poleo, Chihuahua. *Madera y Bosques* 4: 27-39.

## **CAPITULO 4**

### **IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS EN LAS CARACTERISTICAS ACTUALES Y FUTURAS DE LOS BOSQUES Y EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA FORESTAL INSTALADA DEL ESTADO DE DURANGO**

La Industria Forestal ubicada en el Estado de Durango podrá realizar programaciones para la optimización en sus líneas de producción e inversiones en maquinaria y equipos modernos, así como la generación de nuevos empleos, con el objetivo de alcanzar su capacidad instalada de producción, en la medida que se realicen planes de manejo forestal que contengan diagnósticos de las existencias de arbolado con características óptimas de calidad y cantidad, así como contratos formales de compraventa de abastecimiento de trocería.

Es importante para ambos actores en el desarrollo forestal la determinación de volúmenes por anualidad de diámetros  $\geq 20$  cm para la producción de madera aserrada y diámetros de  $\geq 40$  para las industrias con procesos de impregnación, de estructuras y de triplay que les permita a mediano y largo plazo un constante abastecimiento de trocería para su producción que favorezca una solidez financiera.

La oportunidad que ofrece el mercado nacional e internacional de productos de madera aserrada, da oportunidad a los productores forestales ofrecer alternativas de servicios especializados óptimos complementarios a las industrias, como las del mueble y molduras, en donde la fabricación de partes con procesos de preterminado, permita mayor productividad a éstas, con las convenientes inversiones en maquinaria y equipo, así como la generación de empleos en las áreas rurales en el medio forestal, además de reducir las importaciones de productos que se producen en la región.



Los resultados de las simulaciones realizadas permite sugerir la aplicación intensidades de corta del 20 y 25% en volumen de los bosques de la región del Salto, su recuperación en tiempo (volumen y las estructuras diamétricas) es posible en un periodo de 17 a 24 años para recuperar la condición original, que permite en el tiempo mayor certidumbre a la industria forestal.

La reducción de las estructuras diámétricas del bosque remanente y de áreas próximas a intervención en subsecuentes rotaciones afecta a la industria forestal que requiere de trocería de grandes dimensiones. También afecta a la fauna que necesita de este tipo de nicho dentro de su hábitat. La aplicación intensidades de corta mayores que 30%, se reduce la posibilidad de encontrar árboles con clases diamétricas de mayores dimensiones en la siguiente rotación, aunque se recuperen sus existencias reales al final del turno.